

초등 예비교사가 제작한 과학교육용 앱의 특징과 앱 제작 교육에 대한 초등교사의 생각

나지연[†]

Characteristics of Science Education Apps Developed by Preservice Elementary Teachers and Elementary Teachers' Thoughts about Education Developing Apps

Na, Jiyeon[†]

국문 초록

본 연구는 초등 예비교사들이 제작한 앱의 특징과 앱 제작 교육에 대한 초등교사의 생각을 살펴보고 이를 통해 초등 예비교사를 위한 TPACK 교육에 시사점을 도출하는 데에 그 목적이 있다. 과학교육 앱 제작 경험을 제공한 사례를 수집하고, 3명의 초등교사를 대상으로 해당 사례에 관한 생각을 조사하였다. 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 예비교사들이 앱을 제작하면서 의도한 교육목표는 탐구가 가장 높게 나타났고, 도구형과 학습자·교수자간 상호작용이 일어나는 앱을 제작한 경우가 상대적으로 높게 나타났다. 둘째, 대부분의 예비교사들이 교육과정 목표에 부합하도록 앱을 제작하였으나 건설적 차원과 협력적 차원에서는 낮은 수준의 유형에 해당하는 앱의 특징을 보여 주었다. 예비교사들이 제작한 앱과 앱 제작 교육에 대한 초등교사들의 생각을 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 초등교사들은 예비교사들이 제작한 앱의 효과성에 가장 낮은 점수를 주었고, 이를 해결하기 위해 교육과정 성취기준 분석과 기 개발된 앱 평가 및 수정 활동을 제안하였다. 둘째, 초등교사들은 예비교사의 TPACK 향상을 위하여 앱을 직접 제작해보는 경험을 제공하는 것이 적절하다고 응답하였다. 셋째, 초등교사들은 앱 인벤터를 활용하여 앱을 제작할 수 있는 블록 코딩 문해력 정도가 예비교사에게 필요하다고 생각하였다. 넷째, 예비교사의 TPACK을 향상시키기 위해 앱 제작 교육에서 모의수업과 앱을 통해 데이터를 수집하고 다루어 보는 경험을 강조할 필요가 있다고 하였다.

주제어: 테크놀로지 활용 교수내용지식, 테크놀로지 활용 과학교수내용지식, 애플리케이션, 앱, 예비교사

ABSTRACT

This study examined inservice elementary teachers' thoughts on the development of educational apps by preservice elementary teachers and implications for TPACK education for preservice elementary teachers. A case study was conducted in which preservice elementary teachers developed a science education app, and the three teachers were surveyed for their thoughts regarding this. The results regarding the characteristics of the developed app by preservice teachers were as follows. First, "inquiry" had the highest value among educational goals intended by the preservice teachers. In addition, the scores for tool-type apps and apps in which interaction between learners and instructors occurs were relatively high. Second, most of the preservice teachers developed apps to meet curriculum goals, but their apps showed low-level characteristics in terms of the constructive and cooperative dimensions. The results of the analysis of the thinking of elementary school teachers regarding the education development apps are as follows. First, elementary school teachers assigned the lowest scores to the

effectiveness of the apps, and to this problem, the achievement standard with respect to the curriculum and the evaluation and modification activities for the apps were proposed. Second, the teachers indicated that it would be appropriate to provide the experience of making apps to directly improve the TPACK of preservice teachers. Third, the respondents thought that preservice teachers should develop block coding literacy to create apps using App Inventor. Fourth, the teachers considered it necessary to emphasize simulated instructions, as well as the experience of collecting and handling data through apps to improve preservice teachers' TPACK app development for educational use.

Key words: TPACK, TPASK, application, app, preservice teachers

I. 서 론

정보통신기술(ICT)의 발달은 산업뿐만 아니라, 우리의 사회문화적 환경에도 영향을 미치며 인간의 삶을 끊임없이 변화시키고 있다(Angeli & Valanides, 2009). 이에 따라 교육에 스마트 기술이나 인공지능 도입을 주장하는 등 교육환경 변화도 요구하고 있다(Buckenmeyer, 2010; Stanford University, 2016). 세계 각국도 이러한 변화에 적응하고 변화를 선도할 인재 양성을 위해 노력하고 있다(e.g. Future Ready School, 2021). 일례로 미국은 ‘AI4K12 Initiative’를 발표하고 초·중등교육에 AI를 도입하기 위해 노력하고 있으며(AI4K12, 2022), 일본, 영국, 싱가포르도 같은 행보를 보이고 있다. 우리나라 또한 ‘미래 교육 전환을 위한 10대 정책과제’ 등을 발표하고, ‘ICT 기반 스마트교실’, ‘디지털 전환 인프라 구축 계획’, ‘최첨단 에듀테크를 활용한 미래 교육체제로의 전환’ 등을 발표하였다(교육부, 2020a; 2020b).

새로운 기술의 등장은 이를 교육에 도입하고자 하는 다양한 시도를 만들어내고 있다(Janssen *et al.*, 2019; Shim *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2016). 이러한 맥락에서 우리나라도 물리적 인프라 구축에 투자하고 있으나(e.g., 교육부, 2020c), 물리적 인프라 구축이 반드시 학교 교육의 성공적 변화로 직결되는 것은 아니다(Volman, 2005). 그 이유는 물리적 인프라를 활용할 수 있는 교사의 역량이 필수적이기 때문이다(Owston, 2007). 이러한 교사 역량을 높일 방법의 하나가 교원 양성 교육에 그 내용을 포함하는 것이다(Khalid *et al.*, 2017; Nadeem *et al.*, 2011; Nuangchalem & Prachagool, 2010).

2022 개정 교육과정은 미래 세대 핵심 역량으로 디지털 기초 소양 강화를 제시하였고(교육부, 2021), 과학교육에 개인용 컴퓨터, 스마트폰, 태블릿 및 다양한 유형의 교육용 소프트웨어를 접목하여 교육적

효과를 얻을 수 있다는 연구들이 보고되었다(Teri *et al.*, 2014). 또한 태어나면서부터 스마트기기와 내장된 애플리케이션(이하 앱)을 접하며 성장하는 디지털 네이티브(digital native)의 특성을 고려한 과학교육을 제공하기 위해서도 예비교사 양성 과학교육에서 테크놀로지의 활용을 다룰 필요가 있다. 이러한 맥락에서 테크놀로지를 교육과 접목한 교사 전문성 개념이 등장하였는데, 그것이 ‘테크놀로지 활용 교수내용지식’(technology, pedagogy, and content knowledge: 이하 TPACK)이다(Schmid *et al.*, 2021). TPACK은 테크놀로지지식(TK), 교수지식(PK), 내용지식(CK)이 상호 작용하며 형성되는 교사 전문성이다(Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Koehler, 2006). 과학에서는 CK를 Science Knowledge로 변경하여 TPASK 개념을 사용하기도 한다(Jimoyiannis, 2010). 이렇듯 시대의 흐름에 맞추어 예비교사의 TPACK 향상을 위한 양성 교육프로그램을 제공하려는 노력이 이루어질 필요가 있다(Canbazoglu Bilici *et al.*, 2016). 이에 예비교사 TPACK 향상을 위한 교육 연구가 진행되었다. 예비교사들이 테크놀로지를 활용한 수업을 계획하거나 시연해보는 연구들이 있었고(Baran & Uygun, 2016), 새로운 테크놀로지나 TPACK의 개념에 대해 학습하는 연구들도 있었다(최경식과 백성혜, 2020; Çalik *et al.*, 2014).

과학 수업에서 다양한 정보통신기술들이 사용되고 있지만, 그중에서 가장 접근성이 뛰어나며 많이 사용하고 있는 것이 모바일 앱이다. 2021년에 Google Play 스토어에서 다운로드된 모바일 앱은 약 1,110억 개이며 이 수치는 계속 증가할 것으로 예상된다(Statista, 2022). 즉, 모바일 앱은 앱 세대(App Generation)라는 용어가 등장할 만큼(Gardner & Davis, 2014) 우리의 삶과 뗄 수 없는 관계에 있다(윤성혜와 강우리, 2018). 교육 분야의 국제적 추세를 살펴보면 모바일 앱의 사용량이 지속해서 증가

하고 있고(Tavares *et al.*, 2021) 다양한 교육용 앱이 개발되고 있지만, 학습자의 수준이나 요구, 학교 수업에 초점을 맞춘 앱이 충분하지 않은 것이 현실이다(김은수와 박준석, 2012). 초등 예비교사의 경우, 과학 수업을 계획할 때 시뮬레이션 앱, 정보제공 앱, clicker 평가 앱, 천문관측 앱 등을 많이 사용하지만, 초등학생 수준에 적합한 앱을 구하기 어렵고 앱을 활용할 때 성취기준 이상의 내용이 포함되어 수업 활동에 어려움이 있었다(나지연, 2021). 따라서 교사가 자신의 과학 수업에 필요한 앱을 직접 기획하고 개발 또는 수정할 수 있는 역량이 있다면 이러한 어려움을 해결할 수 있을 것이다. 프로그래머에게 의뢰하지 않고 교사가 개발하게 되면 교육 환경에 적합한 앱을 활용할 수 있고 수정과 업데이트가 용이하여 학습 효과를 높일 수 있을 것이다(김은수와 박준석, 2012). 그러나 컴퓨터 언어를 전공하지 않은 교사가 앱을 개발하는 것은 쉬운 일이 아니다. 이에 최근에는 초보자나 어린이와 같이 컴퓨터 비전공자도 앱을 개발할 수 있는 앱 인벤터(App-inventor), 엠비즈메이커(m-BizMaker) 등과 같은 저작도구가 개발되었다(윤성혜 등, 2017). 따라서 예비교사 양성과정에서 과학교육용 앱을 개발한다면 이러한 저작도구를 이용해보는 경험을 제공할 필요가 있다. 이것은 미래의 교사에게 요구되는 역할 중에서 내용 전문가, 스토리 개발자, 게임 디자이너 등과 협력하여 학습자가 학습에 몰입할 수 있는 학습의 장을 제작할 수 있어야 한다는 부분을 고려하였을 때도 중요하다(Prince *et al.*, 2015). 그러나 이러한 중요성에도 불구하고 지금까지 예비교사가 과학교육용 앱을 개발하거나 이를 예비교사의 TPACK와 연결 짓는 연구는 찾아보기 어렵다(윤성혜 등, 2017). 다만, 예비교사 대상 연구로는 앱 인벤터 활용 교육프로그램을 시행하고 컴퓨터 프로그래밍 관련 교육 효과를 탐색한 연구들이 일부 있었다(안상진과 이영준, 2016; 유인환, 2014).

이에 본 연구에서는 초등 예비교사의 과학교육용 앱 제작 사례를 수집하여 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 살펴본 후 이를 통해 초등 예비교사를 위한 TPACK 교육에 시사점을 도출하고자 한다. 이를 위한 다양한 방법이 있을 수 있지만 본 연구에서는 초등 예비교사의 과학교육용 앱 제작 사례를 초등교사와 함께 살펴보고 예비교사들이 경험한 앱 제작 교육에 대해 그들이 어떤 생각을 가지고 있는지 살펴보

고자 한다. 이는 예비교사의 TPACK 향상이 결국 초등교육 현장에 적합한 방향과 수준으로 이루어져야 하기 때문에 그 현장에 있는 사람들의 시각과 목소리를 확인하는 것이 필요하기 때문이다(김영민 등, 2010). 종합하면, 본 연구는 초등 예비교사의 과학교육용 앱 제작 사례를 기반으로 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 살펴본 후, 예비교사들이 경험한 앱 제작 교육에 대한 초등교사의 생각을 살펴보고 이를 통해 초등 예비교사를 위한 TPACK 교육에 시사점을 도출하는 데에 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 맥락

초등 예비교사의 과학교육용 앱 제작 사례를 기반으로 예비교사들이 제작한 앱의 특징과 앱 제작 교육에 대한 초등교사의 생각을 살펴보기 위하여 본 연구에서는 초등 예비교사들에게 과학교육 앱 제작 경험을 제공한 1개 교육대학의 사례를 수집하였다. 수집된 자료는 강의계획서, 강의 자료, 교육과정 강의 요목, 예비교사의 앱 개발 결과물이다. 이 사례는 해당 교육대학의 과학 심화전공 2학년 학생들이 수강하는 강좌에서 수집되었다. 이 강좌는 스마트기기, 멀티미디어와 교육용 애플리케이션의 특성을 이해하고 과학교육 현장에 효과적으로 활용하는 방법에 대해 학습하는 것을 목표로 하고 있었으며, 총 12명의 예비교사가 수강하였다. 이들은 컴퓨터교육과 수업을 통해 스크래치와 같은 블록 기반 교육용 프로그래밍 도구를 사용할 수 있는 상태로 해당 강좌를 수강하였다. 예비교사들은 이 강좌의 기말과제로 과학교육용 앱을 제작하였으며, 강좌의 개요는 Table 1에 제시된 바와 같다.

Table 1의 내용과 같이 예비교사들은 과학과 교육과정을 살펴본 후 과학교육에서 활용할 수 있는 앱을 탐색해보고, 탐구나 지식 구성을 돕는 소프트웨어와 하드웨어를 체험해보는 등 테크놀로지를 과학교육에 활용하기 위한 이론과 방법을 학습하였다. 특히 예비교사들이 살펴본 앱은 과학 개념을 가르치기 위해 개발된 앱(예: Visible Body, 화산과 지진), 평가를 돕는 앱(예: Socrative, Kahoot), 탐구를 지원하는 앱(예: Science Journal, physics toolbox), 놀이를 접목한 앱(예: Minecraft) 등이었다. 9-11주차에는 앱을 개발하기 위한 교육이 이루어졌다. 먼저

Table 1. Summary of the course

주차	교육 내용	활용 소프트웨어 또는 하드웨어
1	- 시대변화에 따른 교육의 목표 변화 - 미래 과학교육의 방향	-
2	- 미래교육을 위한 교육과정, 미래학교의 사례 - 디지털시민성, 블렌디드 러닝	-
3	- TPACK과 과학교육에서의 스마트테크놀로지	· 과학교육용 앱(예: Science Journal)
4-5	- 초등 과학 탐구 학습을 도와주는 도구의 활용 - 탐구의 개념, 플립러닝, 웹기반과학탐구	· 컴퓨터기반실험(MBL) · 스마트폰용 현미경
6	- 과학 교실 운영을 위한 도구의 활용	· Google Classroom, Classting, Nearpod
7	- 과학 학습 협업을 위한 도구의 활용	· Padlet, Goosechase, Minecraft
8	- 과학 지식 구성을 돕는 도구의 활용	· 증강현실, Cybersky, Stellarium, 빅데이터
9	- 과학 학습을 돕는 다양한 테크놀로지의 활용 - 앱인벤터란? - 앱 만들기 예시 살펴보기 - 앱을 만들 때 고려해야 하는 점	· Naturing, 앱인벤터, 드론
10	- 스마트기기를 활용한 과학학습평가방법 - 앱인벤터 체험하기 - 과학교육용 앱 만들기 계획하기	· Socrative, Kahoot, Plickers
11	- 앱만들기 중간 발표 및 피드백 받기	
12	- 스마트 학교 구성 방법 - 게이미피케이션	· Pokemon, AR
13	- 과학 수업 자료 평가 도구 및 틀 개발하기	
14-15	- 기말과제 발표(앱 만들기 결과물 공유)	

앱을 개발할 수 있는 저작도구에 대해 안내하고, 개발한 앱의 예시와 개발 과정, 앱을 개발할 때 고려해야 할 점을 설명하였다. 예비교사들에게 제시한 예시 앱은 앱 인벤터를 통해 개발한 초등학교 3학년 ‘지표의 변화’ 단원에서 활용할 수 있는 앱이었다. 학습 목표는 ‘여러 곳의 흙을 비교하고 관찰할 수 있다.’였고, 이를 달성하기 위하여 초등학생들이 학교 주변 지역으로 가서 앱을 실행한 후 자신이 관찰한 장소, 관찰한 흙의 사진, 관찰 내용을 기록 및 전송할 수 있는 앱이었다. 앱을 개발할 때 고려할 점으로 먼저, 예비교사들에게 과학 학습을 돕기 위해 사용하는 테크놀로지의 유형(나지연과 장병기, 2016)에 대해 안내하였다(예: 자원형, 지식안내형, 상호작용지원형, 맞춤형학습형, 도구형, 학습기회확장형, e-book형, 프로그램형, 체험형). 또한 개발하는 앱이 초등과학교육과의 관련성, 논리적 일관성, 현실성, 효과성이 있어야 한다고 제시하였고 이는 추후 초등교사가 예비교사의 앱을 평가하는 기준이 되었다. 추가로 테크놀로지 활용 수업을 평가하는 기준을 제시하면서 테크놀로지의 초점이

기기 조작이나 흥미 위주가 아니라 과학 학습에 있어야 하며, 수업 목표 달성에 해당 테크놀로지가 유용한지 판단할 것과 학생의 수준과 흥미, 학습 효과를 고려할 것을 지도하였다(Roblyer, 2003).

그 후 저작도구 사용법을 안내하고 직접 다루어 보는 시간을 제공하였다. 해당 강좌에서는 저작도구로 앱 인벤터를 활용하였다. 앱 인벤터는 MIT에서 관리하는 안드로이드 기반 오픈 소스 웹 응용 프로그램으로 초·중·고 학생들도 다룰 수 있어서 앱 개발 교육에 이용되고 있다(Grover & Pea, 2013; 김거현과 유인환, 2017; 서형석과 이용배, 2017). 또한 블록 기반 드래그 앤 드롭(Drag & Drop) 방식이기 때문에 초보자도 직관적으로 활용할 수 있다. 예비교사들은 과학교육에서 활용할 수 있는 앱을 각자 계획하였고, 이를 공유한 후 담당 교수로부터 피드백을 받았다. 피드백은 주로 계획한 앱이 학교 과학교육에서 필요한가, 초등학생 수준에 적합한가, 교육과정에 부합하는가 등이었다. 피드백 후에는 예비교사들이 개인별로 앱을 완성하여 제출하였다. 예비교사들이 제출한 자료는 개발한

앱을 구동시키며 앱을 어떻게 사용하는지 설명하는 앱 설명 동영상과 단원 및 차시 선정 이유, 앱 제작 의도, 과학교육(차시)과의 연관성, 참고자료, 구현하고 싶었으나 구현하지 못한 부분이 기술된 보고서였다. 예비교사들은 프로그래머가 아니기 때문에 과학교육적 의도가 더 강조될 수 있도록 기술적 한계나 개발 능력 등에 의해 구현하지는 못했던 내용이나 기능이 있다면 보고서에 기술하고 구현하지 않아도 된다고 안내하였다. 제출된 12개의 과제 중에서 졸업 직전 수강한 4학년 학생 1인의 자료는 제외하고 2학년 11명의 과제를 분석하였다. 예비교사들이 개발한 앱은 Table 2에 제시된 바와 같이 주로 생명 영역과 운동과 에너지 영역에 해당하는 내용으로 구성되어 있었다.

2. 연구 참여자

초등 예비교사의 과학교육용 앱 제작 사례를 기반으로 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 살펴본 후, 예비교사들이 경험한 앱 제작 교육에 대한 초등교사의 생각을 살펴보기 위하여 본 연구에서는 3

명의 초등교사를 대상으로 생각을 조사하였다. Table 3에 제시된 바와 같이 목적 표집 전략 중에서 준거 표본 전략을 사용하여 전문 분야의 경력이 최소 10년 이상이며, 테크놀로지 활용 과학교육과 관련하여 두드러진 실적이 있는 초등교사를 연구 참여자로 선정하였다(Patton, 1990). 본 연구는 앱 제작 사례를 초등교사와 함께 살펴보고 그들의 생각을 살펴보기 위하여 대규모 설문조사가 아니라 질적인 방식을 선택하였다. 또한 예비교사 교육에 시사점을 도출할 수 있도록 과학교육용 앱 개발 경험이 있거나 테크놀로지 활용 과학교육에 대한 이해도가 높고, 관련 연구 경험이나 수상 실적을 통해 전문성을 확인할 수 있는 연구 참여자를 대상으로 선정하였다.

3. 자료 수집 및 분석 방법

예비교사가 개발한 앱의 특징을 기능과 활용 두 가지 측면에서 살펴보았다. 기능 측면에서는 앱의 유형을 분석하였고, 활용 측면에서는 앱에 드러난 TPACK 수준을 분석하였다. 먼저, 앱의 유형을 분

Table 2. Summary of the apps

번호	영역	학년	단원	주제
1	생명	5	생물과 환경	생물과 환경
2	운동과 에너지	3	소리의 성질	우리 주변의 소음을 어떻게 줄일까요?
3	운동과 에너지	4	그림자와 거울	그림자의 크기 변화
4	생명	3	동물의 생활	주변에는 어떤 동물이 살까요?
5	생명	5	생물과 환경	생태계란 무엇일까요?
6	지구와 우주	4	화산과 지진	지진 발생
7	운동과 에너지	5	물체의 운동	물체의 운동
8	생명	4	식물의 생활	잎의 생김새에 따른 식물 분류
9	생명	4	식물의 생활	식물의 생김새와 생활 방식이 환경과 관련되어 있음
10	통합단원	6	에너지와 생활	에너지의 형태
11	생명	6	우리 몸의 구조와 기능	노폐물을 어떻게 내보낼까요?

Table 3. Background of the participants

교사	A	B	C
교직경력	16년	13년	10년
근무지역	경기	서울	강원
최종학위	석사(과학교육)	박사(과학교육)	석사(과학교육)
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 테크놀로지 활용 과학교육 관련 연구 수행 • STEAM 교육 연구 및 사업 진행 • 과학교육 관련 현장 연구상 수상 	<ul style="list-style-type: none"> • 테크놀로지, AI, AR, 디지털 교과서 관련 과학교육 연구 수행 	<ul style="list-style-type: none"> • 과학교육 앱 개발 관련 수상

석하기 위하여 Tavares *et al.*(2021)와 정수정 등(2010)의 분석틀을 활용하였다. Tavares *et al.*(2021)를 참고하여 앱에서 다루는 교육목표를 지식, 탐구, 태도로 범주화하였다. 정수정 등(2010)은 교육용 앱을 크게 학습 유형과 상호작용 유형으로 분석하였는데, Alessi & Trollip(1985)의 범주를 수정하여 학습 유형 분류 기준(개인교수형, 반복연습형, 시뮬레이션형, 게임형, 문제해결형, 자료제시형, 평가형, 도구형)을 설정하였고, 상호작용 유형은 Moore & Kearsley(1996)의 범주(학습자·콘텐츠간 상호작용, 학습자·교수자간 상호작용, 학습자·학습자간 상호작용)를 활용하였다. 예비교사가 개발한 앱의 특징을 분석하면서 한 개의 앱에서 2개 이상의 특징이 나타나면 모두 분석에 포함하였다. 학습 유형 분류 기준(정수정 등, 2010)을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 개인교수형: 학습자가 내용이나 기능을 학습하도록 안내하는 유형
- 반복연습형: 이미 배운 개념이나 지식을 유지하거나 신속하게 수행하도록 보충 심화에 사용되는 유형
- 시뮬레이션형: 학습자의 반응에 대처할 수 있으며, 가상의 상황을 실제와 유사하게 재현하는 유형
- 게임형: 교육용 콘텐츠에 게임적인 요소를 첨가하여 학습하도록 설계된 유형
- 문제해결형: 비구조적인 문제를 제시하여 학습자가 고차원적인 사고를 하게 하고, 해결책을 도출하고 수행하게 하는 유형
- 자료제시형: 콘텐츠 안에 많은 양의 자료를 저장하여 학습자가 필요에 따라 자료를 찾아볼 수 있는 유형
- 평가형: 학습 결과를 평가하는 교수 절차에 이용되는 유형
- 도구형: 학습 내용을 제공하기보다 학습을 촉진해주기 위한 도구적 성격이 강한 유형

앱에 드러난 TPACK 수준을 살펴보기 위하여 Harris *et al.*(2010)과 Koh(2013)의 평가 기준을 활용하였다. Harris *et al.*(2010)과 Koh(2013)는 TPACK 관점에서 테크놀로지를 활용한 수업의 평가 기준을 제시하였다. 본 연구는 테크놀로지로 앱을 지정

해주어 예비교사들이 테크놀로지를 선택하지 않았기 때문에 Harris *et al.*(2010)의 4가지 평가 기준인 ‘교육과정 목표’, ‘교수전략’, ‘테크놀로지 선택’, ‘셋의 조화’ 중에서 ‘교육과정 목표’ 기준만 활용하였다. 즉, 예비교사들이 제작한 앱이 그들이 선택한 교육과정 목표에 부합하는지 Harris *et al.*(2010)에 제시된 4단계(1~4점)로 분석하였다. Koh(2013)는 ‘활동적’, ‘건설적’, ‘진정성’, ‘의도적’, ‘협력적’이라는 5가지 차원에서 평가 기준을 5단계 척도(0~4점)로 제시하였는데 이 중에서 앱 분석에 적합한 ‘건설적 차원’과 ‘협력적 차원’의 기준을 활용하였다. 구체적 내용은 다음과 같다.

- 교육과정 목표: 테크놀로지가 교육과정 목표에 부합하는가?
- 건설적 차원: 테크놀로지를 사용하여 학생들의 다양한 지식 표현, 내용 지식에 대한 성찰을 얼마나 끌어낼 수 있는가?
- 협력적 차원: 테크놀로지가 학습 내용에 대해 지식을 구성하는 대화 기회를 제공하는가?

예비교사들이 제작한 앱과 앱 제작 교육에 대한 초등교사들의 생각은 1차 서면 인터뷰와 2차 자료회의를 통해 수집하였으며, 질문 내용은 Table 4에 제시된 바와 같다.

1차 서면 인터뷰의 질문 내용은 예비교사가 개발한 앱에 대한 평가, 해당 강좌의 교육내용의 적절성, 예비교사의 TPACK 향상을 위한 강좌의 개선점, 예비교사에게 필요한 교육, 테크놀로지 지식(이하 TK) 교육의 수준 등이었다. 연구 참여자들에게서면 인터뷰를 위한 질문지와 예비교사들이 개발한 앱의 설명 동영상, 보고서, 설명 동영상 전사본을 공유하고 9일 후에 답변서를 받았다. 연구 참여자들에게 제공된 질문지에는 강의계획서, 앱 개발과 관련하여 지도한 강의 자료 요약본, PCK와 TPACK의 개념에 대한 안내가 포함되어 있었다. 연구 참여자들은 이미 관련 학술연구 및 현장연구를 수행한 경험이 있고 대학원에서 해당 강좌를 수강한 경험이 있어서 PCK와 TPACK에 대한 개념을 숙지하고 있는 상태였으나 다시 상기시키기 위하여 정보를 제공하였다. 1차 서면 인터뷰 내용 중에서 예비교사가 제작한 앱에 대한 연구 참여자의 평가는 Nieveen & Folmer(2010)가 제시한 4가지 기준에

Table 4. Questions given during the interview

차수	질문
1	<ul style="list-style-type: none"> · 예비교사들이 개발한 앱을 평가해주세요. · 예비교사의 TPACK 향상을 위해 본 강의의 내용으로 가장 적절한 것은? 이유를 적어주세요. · 본 과정의 내용 중 예비교사의 TPACK을 개선하기 위해 개선(추가, 삭제, 수정)해야 할 점은 무엇입니까? 이유를 적어주세요.
	<ul style="list-style-type: none"> · 테크놀로지를 활용한 과학교육이 초등과학교육 현장에서 성공하기 위해서는 예비교사에게 어떤 교육이 제공되어야 한다고 생각하십니까? 구체적으로 설명하고 그 이유를 적어 주십시오. · 기술을 활용한 과학교육이 초등과학교육 현장에서 성공하기 위해서는 예비교사의 TK교육이 어느 수준까지 이루어져야 한다고 생각하십니까?
2	<ul style="list-style-type: none"> · 예비교사들이 개발한 앱이 초등과학교육에 효과가 낮다고 판단한 이유는 무엇인가요? · 예비교사들이 만든 앱이 초등과학교육에서 더 효과적이려면 앱만들기 교육에 어떤 내용을 추가하거나 수정해야 할까요?
	<ul style="list-style-type: none"> · 앱 만들기 활동을 통해 TPACK 향상을 꾀한다고 했을 때, 이 강좌의 어떤 점이 적절하다고 생각하십니까? · 앱 만들기 활동을 통해 예비교사의 TPACK을 향상시키기 위해 개선해야 할 점(추가, 삭제, 수정)이 있다면 어떤 것들이었습니까?

맞추어 4점 척도로 이루어졌다. Nieveen & Folmer(2010)는 일반적인 교육 개입을 평가하는 기준으로 관련성, 일관성, 현실성, 효과성을 제시하였다. 초등교사에게 Nieveen & Folmer(2010)의 기준으로 앱을 평가할 것을 요청한 이유는 앱도 초등학교에서 이루어지는 여러 교육 개입 중에 하나로 다른 교육 개입과 같은 기준에서 평가되어 사용 여부를 결정하게 될 것이기 때문이다. 평가 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

- 관련성: 개발된 앱이 초등과학교육과 밀접한 관련이 있는가?
- 일관성: 개발된 앱이 논리적으로 일관성 있게 설계되어 있는가?
- 현실성: 개발된 앱이 초등과학교육 환경에서 사용 가능한가?
- 효과성: 개발된 앱이 초등과학교육에 효과적인가?

연구 참여자들의 답변서를 바탕으로 질문을 작성하여 2차 자문회의에서 다루었고, TPACK 향상을 위한 시사점 등에 대해 약 50분간 논의하였다. 서면 인터뷰 내용과 전사한 자문회의 내용은 반복적 비교 분석법(constant comparison method)을 사용하여 분석하였다(Strauss & Corbin, 1990). 서면 인터뷰 내용과 자문회의 내용에서 핵심이 되는 내용을 추출하여 개방 기호화(open coding)를 실시하고, 개방 기호화된 자료들을 상위범주로 묶어서 목록화하였다. 본 연구에서 이루어진 서면 인터뷰와 자문회의, 앱의 특징 분석은 1차 분석을 마친 후 2주 후

에 같은 방식으로 재분석하여 신뢰도를 높였다.

III. 연구 결과 및 논의

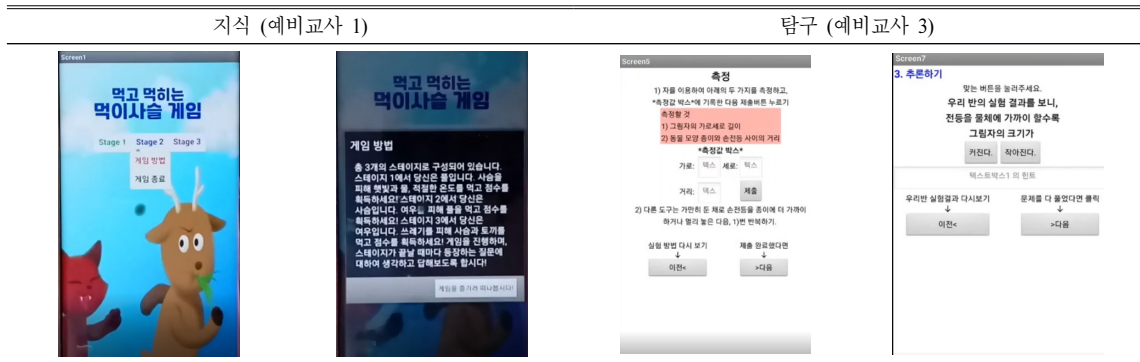
1. 초등 예비교사가 개발한 과학교육용 앱의 특징

예비교사들이 제작한 앱의 특징을 살펴보면 Table 5-10에 제시된 바와 같다. 앱을 제작하면서 예비교사들이 의도한 교육목표는 탐구가 8건으로 가장 높게 나타났으며, 지식(4건), 태도(1건) 순으로 나타났다. 예를 들어 예비교사 1은 Table 5에 제시된 바와 같이 5학년 2학기 생물과 환경 단원에서 활용할 수 있는 게임 형식의 앱을 제작하였고, 단위 성취기준에 포함된 과학지식을 습득하고 오개념을 바로잡을 수 있는 3단계 활동을 구성하였다.

- 예비교사 1: (기말보고서) “먹이 사슬, 그물과 같은 개념이 모호할 학생들이 게임이라는 매체를 통해 보다 쉽게 개념을 이해” (하략)
- 예비교사 3: (기말보고서) (상략) “애플리케이션의 자료수집, 웹 뷰어, 사진 찍기 등의 다양한 기능을 활용하여 탐구학습을 원활히 할 수 있도록 하였습니다.”

본 연구의 사례에서 예비교사들은 탐구를 목표로 앱을 제작한 경우가 가장 많았고, 태도가 가장 적었다. 이는 담당 교수의 수업, 예비교사의 인식 등에 기인했을 가능성이 있다. 3주차에 과학교육용 앱 탐색 활동과 9주차에 담당 교수가 제시한 예시 앱은 주로 지식과 탐구에 중점을 두고 있었으며 태

Table 5. Examples of the app (educational goal)



도는 학생의 학습 흥미 유발에 중점을 두었기 때문에 수업 시간에 접했던 유형의 앱을 따라 제작하였을 가능성이 있다. 또한 앱의 특성상 태도보다는 탐구나 지식학습에 더 효율적이라고 예비교사들이 판단하여 태도 관련 앱을 적게 만들었을 수도 있다. 그러나 태도를 다루는 앱을 만들 수 있다고 인식하지 못하여 적은 수의 예비교사만 만들었다면 과학적 태도나 과학 관련 태도 등을 향상하는 예시를 추가 제공할 필요가 있겠다. 앱을 과학교육에 활용하게 되면 과학적 태도 향상에도 효과적이다 (Tavares *et al.*, 2021). 따라서 과학교육에서 태도의 중요성이 증대되고 있음을 고려한다면 예비교사가 앱을 제작할 때 태도 또한 교육목표로 고려할 수 있도록 지도할 필요가 있겠다.

예비교사들이 제작한 앱의 학습 유형을 살펴보면 Table 6에 제시된 바와 같이 도구형이 5건, 문제해결형이 4건, 개인교수형이 3건, 게임형이 2건으로 나타났다. 예비교사들이 제작한 도구형 앱은 초등학교생들이 실험이나 탐구를 할 때 탐구 결과를 기록하고, 그 결과를 종합하는 등 학습 내용을 제공

Table 6. types of learning in the app

학습유형	빈도 (%)
개인교수형	3(21.4)
반복연습형	0
시뮬레이션형	0
게임형	2(14.3)
문제해결형	4(28.6)
자료제시형	0
평가형	0
도구형	5(35.7)
전체	14(100.0)

하기보다 과학학습을 보조하는 방식이었다. Table 7에 제시된 바와 같이 예비교사 4가 제작한 앱은 초등학교생들이 주변에 사는 동물을 관찰한 후 그 특징을 앱에 기록하고 사진을 찍어 전송하는 방식이었다. 초등학교생들이 전송한 자료는 구글 파이어베이스(firebase)와 연동해 학교 수업에서 교사가 공유할 수 있게 하여 앱을 학습 도구로 활용하였다. 예비교사 3은 Table 5에 제시된 바와 같이 문제해결

Table 7. Examples of the app (types of learning)



형 앱을 개발하였는데, 먼저 ‘그림자의 크기를 변화 시키려면 어떻게 해야 할까요?’라는 문제를 초등학생들에게 제시하고, 이를 해결하기 위한 예상, 실험, 추론, 자료수집, 사진 촬영, 모듈별 토론 등의 단계별 활동을 거치면서 초반에 제시한 문제를 초등학생들이 해결하고 그 결과를 공유하게 하는 방식이었다. 예비교사들은 작은 차이이기는 하지만 개인교수나 반복연습, 시뮬레이션, 자료제시 등과 같이, 한 방향 교육내용 제시나 닫힌 탐구보다 앱을 활용하여 깊이 있는 탐구를 지원할 수 있는 문제해결형이나 도구형 앱을 개발하였다. 이는 단순한 지식습득에서 벗어나 문제해결과 열린 탐구, 행위 주체성을 중요시하는 최근 교육 방향과도 일맥상통한다는 점(이근호 등, 2013; OECD, 2018)에서 주목할 만하다. 본 강좌에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 목표와 미래과학교육의 방향에 대해 지도하였는데, 예비교사들이 앱을 제작하면서 이에 대해 고려한 것으로 보인다.

- 예비교사 4: (기말보고서) “(기존 활동들은) 교사가 주도적으로 사진을 찍고 학생들이 이를 유추해본다는 점에서 이 차시의 핵심역량인 과학적 탐구 능력을 개발할 수 없으며, 장소의 물리적 한계와 시간적 한계에 따라 다양한 동물을 관찰하기 어려우며, 초등학교 3학년의 학생들을 학교 전체의 범위에서 한 명의 교사가 안전하게 통제하기 어렵다. 따라서, 이러한 문제를 개선하기 위해서 앱 인벤터를 제작하여 학생들이 주도적으로 다양한 동물을 관찰할 수 있도록 이를 활용한 수업을 계획하였다.”

예비교사들이 제작한 앱의 상호작용 유형을 살펴보면 Table 8에 제시된 바와 같이 학습자·교수자간 상호작용이 상대적으로 높게 나타났으며, 학

습자·콘텐츠 간 상호작용, 학습자·학습자간 상호작용 순으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면 예비교사들이 제작한 앱에 나타난 학습자·교수자간 상호작용은 주로 탐구활동에서 수집된 데이터를 앱에 입력 및 전송하고 이를 교수가 종합하여 탐구 결과를 도출하거나 정리하여 수업을 이어 나갈 수 있게 하는 방식이거나, 그 과정에서 교수가 피드백하는 방식이었다(Table 7의 예비교사 4의 예시 참고). 학습자·콘텐츠간 상호작용은 학습자가 내용을 입력하면 콘텐츠가 체점하거나 피드백을 주는 방식 또는 학습 내용을 제시하는 방식이었다(Table 5의 예비교사 1의 예시 참고). 그러나 언급한 두 상호작용은 앱에서 한 방향으로 한 번씩 이루어졌으며 쌍방향 상호작용은 제공되지 않았다. 학습자·학습자간 상호작용은 앱에서 학급 동료와의 토론이나 정보 공유를 수행하도록 활동을 제안하는 방식이었으나(Table 5의 예비교사 3의 예시 참고) 3가지 상호작용 유형 중에서 가장 적게 나타났다. 학생의 자기주도성이나 행위주체성을 향상을 위한 교육에 대해서도 예비교사들이 학습할 필요가 있다. 따라서 학습자·콘텐츠간 상호작용이나 학습자·교수자간 상호작용은 모두 교육의 주도권이 교수자에게 있는 만큼 학습자·학습자간 상호작용이 가능한 앱에 대한 안내와 활용 가치에 대해 예비교사들에게 지도할 필요가 있겠다.

예비교사들이 제작한 앱이 그들이 선택한 교육과정 목표에 부합하는지 분석한 결과는 Table 9와 같다. 평균 2.91점으로 나타나 대부분의 예비교사들이 교육과정 목표에 부합하도록 앱을 제작할 수 있음을 알 수 있다. Harris et al.(2010)의 기준에 따르면 63.6%의 예비교사들이 제작한 앱은 교육과정 목표에 부합한다는 것을 알 수 있으며, 27.3%의 예비교사들은 자신이 제시한 목표의 일부에 적합한 앱을 구현하였다. 다수의 예비교사들이 교육과정

Table 8. Interaction types of the app

상호작용 유형	학습자·콘텐츠간	학습자·교수자간	학습자·학습자간	전체
빈도 (%)	5(33.3)	7(46.7)	3(20.0)	15(100.0)

Table 9. Results of analyzing conformity with curriculum goal

교육과정 목표 평가 기준	1 (부합하지 않음)	2 (일부 부합함)	3 (부합함)	4 (잘 부합함)	전체
빈도 (%)	1(9.1)	3(27.3)	3(27.3)	4(36.4)	11(100.0)

목표에 부합하는 앱을 제작하였으나 일부 학생들은 완전히 부합하게 제작하지는 못하였다. 학습 목표의 설정과 그에 적합한 학습자료 제작은 앱 제작이 아니더라도 모든 수업 설계의 기본이자 교사가 갖추어야 하는 교수내용지식(PCK)의 일부이다(Shulman, 1987). 따라서 일부 학생이기는 하지만 목표에 부합하게 제작하지 못한 원인을 파악하여 추가 교육이 필요하다 할 수 있다.

예비교사들이 제작한 앱을 건설적 차원과 협력적 차원에서 분석한 결과는 Table 10과 같다. 건설적 차원의 평균은 2점, 협력적 차원의 평균은 1.4점으로 낮게 나타났다. 절대적으로 비교할 수는 없으나, 이러한 결과는 싱가포르 예비교사를 대상으로 조사한 Koh(2013)의 연구에서도 유사하게 나타났다(건설적: 1.87, 협력적: 1.24). 먼저 건설적 차원에서 살펴보면 주제에 대한 학생 개인의 성찰을 구성하고 표현할 수 있는 앱을 제작한 학생은 없었고(4점), 지식 구성을 위해 정보를 종합하는 앱을 제작한 학생이 5명 있었다(3점). 학습 내용을 재현하게 하는 앱(3명)과 학생이 지식을 표현할 수 있는 앱(2명)을 제작한 학생도 있었다. 이러한 결과는 학생들이 개발한 앱이 주로 탐구활동이나 지식습득을 지원 하는 앱이었기 때문에 개인의 성찰보다는 데이터를 수집하고, 종합하거나 학습 내용을 재현하는 방식을 사용한 것으로 생각할 수 있다. 협력적 차원의 분석 결과를 살펴보면 학생들의 다양한 지식과 의견을 적극적으로 표현하게 하는 앱(3점, 4점)보다 정보나 자원 공유(0점), 수렴된 지식 표현을 요구하는(1점) 앱이 상대적으로 더 많았고, 학생들

의 다양한 지식과 의견을 일부 표현하게 하는 앱(2점)을 제작한 예비교사는 3명 있었다. 즉, 예비교사들이 제작한 앱에서 보이는 협력은 주로 정보나 수렴된 지식을 공유하는 수준에서 이루어졌음을 알 수 있다. 이는 Table 6에서 제시한 바와 같이 탐구 결과를 기록하고, 그 결과를 종합하는 도구형이 다수 제작되었기 때문으로 추측할 수 있다.

Table 10의 결과를 살펴보면 건설적 차원과 협력적 차원의 4점에 해당하는 개인의 성찰과 다양한 지식 표현이 가능한 앱을 제작한 예비교사는 없었다. 모두 이 범주의 앱을 개발할 필요는 없지만, 예비교사들이 다양한 유형과 수준의 앱을 학습하는 것이 추후 학습 목표에 적합한 앱을 구성하는 데에 도움이 되기 때문에 4점에 해당하는 앱의 정보와 앱 체험 경험을 제공할 필요가 있겠다.

2. 예비교사들이 제작한 앱과 앱 제작 교육에 대한 초등교사들의 생각

예비교사들이 제작한 앱에 관하여 3명의 연구 참여자들은 Table 11에 제시된 바와 같이 평가하였다. 관련성, 일관성, 현실성은 평균 2.5점 이상으로 연구 참여자들은 예비교사들이 제작한 앱에 대해 3개 영역에서 긍정적으로 평가했음을 알 수 있다. 세부적으로는 교사 B가 현실성에서 2.27점을 주었고, 그 외에는 모두 2.5점 이상으로 평가하였다. 그러나 3명 모두 관련성, 일관성, 현실성, 효과성 중에서 효과성 영역에 가장 낮은 점수를 주었다. 예비교사들이 제작한 앱이 초등과학교육에 효과적인

Table 10. Results of analyzing constructive dimension and cooperative dimension in TPACK

차원	기준	0	1	2	3	4	해당없음	전체
		명 (%)						
건설적		1(9.1)	3(27.3)	2(18.2)	5(45.5)	0(0.0)	0(0.0)	11(100.0)
협력적		2(18.2)	2(18.2)	3(27.3)	1(9.1)	0(0.0)	3(27.3)	11(100.0)

Table 11. Evaluation results for the app (four-point scale)

교사	영역	평균 (표준편차)			
		관련성	일관성	현실성	효과성
A	점수 (%)	2.73(1.14)	3.09(0.90)	2.73(1.14)	2.45(1.08)
B		3.09(0.67)	2.55(0.78)	2.27(0.75)	2.09(0.67)
C		3.45(0.66)	3.09(1.08)	3.36(0.77)	2.27(0.96)
전체		3.09(0.90)	2.91(0.96)	2.79(1.00)	2.27(0.93)

가라는 질문에 가장 낮은 점수를 준 이유를 연구 참여자들은 다음과 같이 제시하였다.

- 교사 A: (자문회의) “어플이 아니어도 충분히, 아이들이 실험으로써 충분히 성취기준을 만족할 수 있을 것 같은데 굳이 저 어플을 써야 될까. 이래서 그때는 효과성이 없다라고 이제 제가 판단해가지고.”
- 교사 B: (자문회의) “어떤 수업 같은 경우는 그냥 학습 게시판이나 간단한 그냥 도구로 구성할 수 있는 건데 굳이 앱으로 해야 되나 이런 부분에서 도구의 그런 효과성을 발휘하지 못했다는 부분에서 점수를 깎았던 것 같고요. (중략) 인지적으로 효과적이지 않을 것 같다는 생각에서”
- 교사 C: (자문회의) “정말 이게 효과적으로 굳이 써야 되나 이런 게 가장 큰 문제인 것 같고”

연구 참여자들은 제작된 앱 없이도 성취기준을 달성할 더 손쉬운 방법이 있다는 점에서 다른 영역에 비해 앱의 효과성에 낮은 점수를 주었다. 스마트기기를 활용하면 동료 간 협력적 상호작용이나 학생 맞춤형 교육, 학습공간과 기회의 확장, 자기주도학습 등을 제공할 수 있다는 점에서 장점이 있다(임병노 등, 2013). 그러나 이러한 장점을 살리기보다는 기존에 종이나 칠판, 실험관찰, 교수자가 해오던 부분을 대체하는 방식의 앱은 스마트기기를 준비하고, 앱을 활용하도록 교육해야 하는 교사의 노력과 시간을 참작한다면 효과성이 떨어질 수밖에 없다. 따라서 예비교사를 지도할 때에 스마트기기를 활용하는 앱의 장점을 살리고, 앱이기 때문에 줄 수 있는 교육적 효과를 고려해야 한다는 점을 강조할 필요가 있겠다.

예비교사들이 제작한 앱의 효과성을 높이기 위하여 앱 제작 교육에서 추가할 부분을 물은 결과는 다음과 같다. 3명의 교사 모두 교육과정 성취기준에 대한 분석이 필요하다고 생각하였다. 또한 교사 A와 B는 기 개발된 앱을 평가해보는 활동이 필요하다고 생각하였으며, 교사 C는 기 개발된 앱의 부족한 부분을 수정해보는 활동이 필요하다고 하였다.

- 교사 A: (자문회의) “교과서든 지도서든 이렇게 꺼내놓고 함께 단원을 쭉 훑어보면서 정말 이

게 스마트 기기를 활용하면 좋아. 앱을 활용했을 때 효과적일까를 스스로 의논해 보는 그런 시간이 좀 들어가면 추가되면 좋을 것 같아요. (중략) 그전에 개발됐던 어플들도 많을 텐데 그런 것도 좀 찾아보면서 그거 이게 그렇다면 나는 어떻게 할 것인가 이러한 논의 과정이 좀 들어가면 조금 더 앱 개발하는 데 의미 있는 앱이 개발되지 않을까 싶어요.”

- 교사 B: (자문회의) “스스로 한번 그 기준을 가지고 분석해 보는 게 좀 효과적일 수 있을 것 같아서 저희한테 주셨던 것처럼 교육과정상의 관련성이나 효과성이나 이런 기준으로 저희가 했던 것처럼 이런 앱들을 3주 차에 훑어 보셨던 앱들을 같이 분석해 보는 것도 좋을 것 같다는 생각을 했고요 그다음에 두 번째는 학생들이 자기가 만드는 거에 집중하다 보니까 초등학생의 사고나 추론 과정을 간혹 놓치는 경우가 있는 것 같아요. 그 제작에 몰두해서 초등학생이 이거를 참여하면서 무슨 생각을 할지 학생 입장에서 중간중간에 좀 메타적으로 얘를 좀 볼 수 있는 네 그거를 하면 조금 더 이제 개선을 할 수 있지 않을까 싶습니다.”
- 교사 C: (자문회의) “아무래도 중요한 거는 이게 교육과정도 일단 분석도 해야 되고 (중략) 만약에 시중의 앱이 있으면 이거를 활용하는 것도 좋은 방법인 것 같고 근데 그게 활용하는데 약간 좀 부족한 게 있으면 그걸 약간 개선하기 (하략)”

Table 1에 제시한 바와 같이 2-3주차에 교육과정을 확인하고, 교육과정 성취기준에 적합한 과학교육용 앱을 탐색하는 활동을 하였으나 이것이 앱의 효과성을 높이는 데에 충분하지 않았던 것으로 생각된다. 따라서 연구 참여자들의 제안처럼 더 깊이 있는 분석 활동을 추가할 필요가 있겠다. 예를 들어 교사 B가 제안한 것처럼 분석틀을 제공하여 예비교사가 직접 분석 및 평가를 해보는 활동을 하고, 교사 C의 제안처럼 분석에 기반하여 기 개발된 앱의 부족한 부분을 어떻게 수정해야 하는지 논의해보는 활동도 할 수 있을 것이다. 이러한 활동은 교사 교육에서 반성적 사고 경험을 제공해야 한다는 주장과 일맥상통한다(고호경 등, 2013). 예비교사들이 분석틀에 따라 기 개발된 앱을 비판적으로 분석

해봄으로써 자신의 앱을 비판적으로 평가하고 개선할 수 있는 반성적 사고 경험도 제공할 수 있을 것이다.

예비교사들이 제작한 앱의 특징을 보았을 때, 예비교사의 TPACK 향상을 위하여 앱을 제작해보는 경험을 제공하는 것이 적절한지 연구 참여자들에게 물은 결과, 연구 참여자 3명 모두 앱을 직접 제작해보는 경험 제공이 적절하다고 응답하였다. 앱 제작이 테크놀로지, 과학, 교육, 학생 등과 같이 다양한 측면을 종합적으로 고려해야 하는 과정이기 때문에 TPACK이 향상될 것으로 생각하였다. 이는 TPACK의 세부 요소를 각각 학습하더라도 이것이 자동적으로 TPACK 형성으로 전환되지 않기 때문에 종합적 경험을 제공해야 한다는 선행연구의 결과와도 일맥상통한다(Janssen *et al.*, 2019; Tondeur *et al.*, 2012; Zhou *et al.*, 2016).

- 교사 A: (자문회의) “선생님들을 인터뷰했을 때 어떤 내용이 있었냐 하면 시중에 개발되어 있는 어플이나 이런 스마트기기들이 정말 많은데 내가 가르치고자 하는 프로세스대로 되어 있느냐 그렇지 않은 게 많다. 그렇다면 내가 정말 원하는 그 흐름대로 학생들을 지도하는 그런 것들을 개발하고 싶다는 의견이 있었어요. (중략) 내가 만드는 거잖아요. 그러니까 굉장히 많은 고민과 수업 실재를 많이 시뮬레이션하면서 서그결 만들텐데 그런 과정이 TPACK 향상에 많이 도움이 될 것 같아요.”
- 교사 B: (자문회의) “저도 스스로 이렇게 만들어보는 경험 자체가 굉장히 도움이 많이 된다고 생각하고요 TPACK 향상에 (중략) 이 앱을 어떻게 접목할 수 있는가에 대해서 되게 실질적인 경험 고민을 해보는 경험을 제공한다는 점에서 굉장히 저는 도움이 많이 된다고 생각을 하고”
- 교사 C: (자문회의) “저는 이게 앱 개발을 이제 시키시면서 의도가 아무래도 TPACK과 굉장히. TPACK 향상시키려는 게 적절하다고 생각했던 게 (하략)”

또한 교사 B는 이러한 제작과정 중에 다른 학생들과 앱 제작 계획을 공유하고 이에 대해 담당 교수가 피드백을 제공한 것이 적절하였다고 판단하였다.

- 교사 B: (서면 인터뷰) “중간 점검 및 탐색 기회는 예비교사들이 다른 동료들의 작품을 접하며 시야를 넓힐 뿐 아니라, 교수님의 피드백을 받으며 과학교육적으로 의미있는 활동을 구성하는 과정 중심의 활동이 된다는 점에서 의미가 있다고 생각합니다.”

앱을 제작하기 위해서는 앱 제작을 위한 저작도구를 사용할 수 있는 능력은 필수적이다. 이에 연구 참여자들에게 TPACK의 구성 요소 중에서 TK를 어느 수준까지 교육하는 것이 적절한지 문의하였다. 이에 대해 세 교사 모두 앱 인벤터를 활용하여 앱을 제작해보는 활동, 즉 블록 코딩 문해력 정도가 예비교사에게 필요하다고 생각하였다. 또한 교사 B는 수업 설계에 필요한 테크놀로지를 새롭게 배울 수 있는 자세, 개발자와 소통하고 대안을 찾을 수 있는 수준의 역량도 필요하다고 응답하였다.

- 교사 B: (자문회의) “물론 앱을 개발해 본 것 자체가 쉬운 일은 아니지만 한 활동이라도 깊게 생각해 본 경험이 (중략) 다른 것을 할 때 또 두려움 없이 더 쉽게 할 것 같거든요.”
- 교사 B: (서면 인터뷰) “언제든지 수업이나 교육현장에 필요할 경우 원하는 테크놀로지를 배울 수 있고, 배워야 한다는 마인드를 갖고 이를 위한 기초 소양을 기르는 것이 중요합니다.”

즉, 연구 참여자들은 예비교사들이 개발자 수준의 테크놀로지 지식이 필요하다고 생각하지 않았으며, 블록 코딩이 가능한 정도는 배울 필요가 있다고 생각하였다. 스크래치, 엔트리, 코스페이스스, 앱 인벤터 등과 같이 교육에서 활용하는 프로그램들은 블록 코딩을 기반으로 하고 있다. 따라서 예비교사 양성 교육과정 내에서 블록 코딩을 먼저 다루고, 교과교육에서 이를 활용할 수 있도록 강좌 순서를 배치하고 강좌 간 연계가 필요할 것이다.

예비교사의 TPACK을 향상시키기 위해 앱 제작 교육에서 추가해야 할 부분을 물은 결과 연구 참여자들은 다음과 같이 응답하였다. 앞서 예비교사들이 제작한 앱의 효과성을 높이는 방안과 유사한 내용으로 연구 참여자들은 앱이 성취기준에 적합한지 판단하고 선택해보는 활동이 추가 제공될 필요가 있다고 생각하였다. 그 방법으로 현장에서 활용

가능한 앱을 찾거나 교과서와 교육과정을 분석해 보는 활동이 있어야 한다고 생각하였다.

- 교사 A: (서면 인터뷰) “앱만들기 결과를 바탕으로 예비교사들의 TPACK을 향상시키기 위해서는 과학 교과서의 성취기준과 내용에 적합한 스마트기기 활용 판단 능력, 즉 TPK와 TCK 수업이 추가되어야 할 것 같다.”
- 교사 A: (서면 인터뷰) “초등과학수업 현장에서 활용 가능한 앱들이 무엇이 있는지 찾아보는 교육을 제공해야 한다.”
- 교사 C: (서면 인터뷰) “성취기준 달성에 적절한 테크놀로지를 선택하는 능력이 중요하다고 봅니다.”

교사 B는 실천성이 강조된 종합적 활동이 제공되어야 한다고 생각하였다. 예를 들어 앱을 제작하는 데에서 그치는 것이 아니라 제작한 앱을 활용하여 모의수업을 계획하고 실행해보고 평가하는 과정이 필요하다고 생각하였다. 수업은 교사 전문성의 발현을 가장 잘 볼 수 있는 시간이고, TPACK은 일련의 수업 설계와 실행 과정을 통해서 신장할 수 있다(Koh, 2013). 이러한 점을 고려하였을 때, 기말 과제로 앱 제작을 할 것이 아니라 학기 중 활동으로 앱을 제작하고 모의수업과 연결 짓는 방식을 고려해볼 필요가 있겠다.

- 교사 B: (자문회의) “유형을 나누고 이런 류의 앱을 한두 개씩만 골라서 실제 수업처럼 모의수업 속에서 그 앱을 다시 사용해 보면서 진짜 애가 효과적이었는지 이 수업에 정말 적용할 만했는지를 연장해서 하시면 어떨까 하는데 (하략)”

마지막으로, 교사 B와 C는 앱을 통해 데이터를 수집하고 다루어 보는 경험을 강조할 필요가 있다고 하였으며 그 이유로 과학교육의 성격을 드러내는 앱에 대한 경험이 필요하다고 하였다.

- 교사 C: (자문회의) “어떻게 보면 이게 탐구 자체가 이제 과학의 다른 차별성이니까 다른 교과와. 데이터 과학을 잘할 수 있는 앱을 만들 수 있는 것도 좋은 수업이 되지 않을까 싶은데 (하략)”

- 교사 B: (자문회의) “좀 더 효과적인, 과학 수업에 효과적이고 특화된 그런 전문성을 향상시킬 수 있다고 생각을 하고요 그래서 아까 (교사 B)께서 말씀하신 여러 가속도센서, 빛센서, 소리센서 등을 이용한 데이터를 이렇게 수집해가지고. 그 물리량을 이렇게 뭔가 연결 지어서 하는 것도 예를 들 수 있겠고 (중략) 그림자 앱은 입력값을 넣으면 구글 닥스처럼 그런 엑셀창으로 바로 연결이 돼서 실시간으로 우리반 아이들의 자료를 보이게 한 그런 건 되게 노력을 많이 했구나 이런 생각을 했었거든요. 그래서 그런 게 과학 수업에 특화된 사례로서 좀 보여지면 좋지 않을까 하는 생각을 했습니다.”

IV. 요약 및 결론

본 연구는 초등 예비교사들이 제작한 앱의 특징과 앱 제작 교육에 대한 초등교사의 생각을 살펴보고 이를 통해 초등 예비교사를 위한 TPACK 교육에 시사점을 도출하기 위하여 과학교육 앱 제작 경험을 제공한 1개 교육대학의 사례를 수집하고, 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 살펴본 후 3명의 초등교사를 대상으로 해당 사례에 관한 생각을 조사하였다.

먼저, 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 예비교사들이 앱을 제작하면서 의도한 교육목표는 탐구가 가장 높게 나타났고, 도구형과 학습자·교수자간 상호작용이 일어나는 앱을 제작한 경우가 상대적으로 높게 나타났다. 둘째, 대부분의 예비교사들이 교육과정 목표에 부합하도록 앱을 제작하였으나 건설적 차원과 협력적 차원에서는 낮은 수준 특징을 보여주었다.

예비교사들이 제작한 앱과 앱 제작 교육에 대한 초등교사들의 생각을 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 초등교사들은 예비교사들이 제작한 앱의 관련성, 일관성, 현실성에 대해 긍정적으로 평가하였으나 효과성은 상대적으로 낮은 점수를 주었고, 이를 해결하기 위해 교육과정 성취기준 분석과 개발된 앱 평가 및 수정 활동을 제안하였다. 둘째, 초등교사들은 예비교사의 TPACK 향상을 위하여 앱을 직접 제작해보는 경험을 제공하는 것이 적절하다고 응답하였다. 셋째, 초등교사들은 앱 인벤터를 활용하여 앱을 제작할 수 있는 블록 코딩 문해력

정도가 예비교사에게 필요하다고 생각하였다. 넷째, 예비교사의 TPACK을 향상시키기 위해 앱 제작 교육에서 모의수업과 앱을 통해 데이터를 수집하고 다루어 보는 경험을 강조할 필요가 있다고 하였다.

위의 연구 결과로부터 도출된 시사점은 다음과 같다.

첫째, 예비교사들이 제작한 앱의 특징을 반영하여 추가 교육을 계획할 필요가 있다. 예비교사들은 교육과정 목표에 부합하는 앱을 제작하였고, 도구형이나 문제해결형, 탐구에 특화된 앱을 제작하는 등 긍정적인 면도 있었지만 학습자간 상호작용이나 태도 관련 앱 개발은 상대적으로 적었고, 개인의 성찰과 다양한 지식 표현이 가능한 앱을 제작한 경우도 부족하였다. 상대적으로 특정 유형이 적게 개발된 것은 예비교사가 여러 상황을 고려하여 개발했기 때문에 문제가 되지 않지만, 혹여 예비교사들이 다양한 유형에 대한 인식이 부족하여 이러한 결과가 나왔다면 이것은 앱 제작 교육에서 다루어 줄 필요가 있다. 따라서 예비교사들에게 잘 보여지지 않았던 특징을 가진 앱에 대한 예시자료를 제공할 필요가 있겠다.

둘째, 예비교사들이 제작한 교육자료들이 초등과학교육에 효과적일 수 있도록 교육내용을 고민할 필요가 있다. 초등교사들은 예비교사들이 제작한 앱의 효과성에 상대적으로 낮은 점수를 주었는데, 그 이유로 제작된 앱 없이도 성취기준을 달성할 더 손쉬운 방법이 있다는 점 때문이었다. 이것은 교사들이 과학교육 현장에 테크놀로지를 도입할 때 중요하게 고려해야 할 부분이다. 테크놀로지를 도입해야 해서 도입하는 것이 아니라 해당 테크놀로지가 다른 것을 대체할 수 없는 교육적 효과를 주기 때문에 활용할 수 있도록 테크놀로지의 강점, 다른 교육 방법 및 자료와의 비교 등을 예비교사 양성 단계에서 다룰 필요가 있겠다.

셋째, 앱 제작 교육에 실제적 경험을 제공하는 교육활동을 추가할 필요가 있다. TPACK은 아는 것과 그것을 적용하는 것 사이에 차이가 있다. 따라서 예비교사를 위한 교육프로그램을 지원할 때 초등교육 현장에 대한 실제적 경험을 더 많이 제공할 필요가 있다(Jaipal-Jamani & Figg, 2015; Jen *et al.*, 2016). 본 연구 결과에서도 초등교사들은 예비교사에게 현장에서 활용 가능한 앱을 찾거나 교과서와 교육과정을 분석해보는 활동, 앱을 제작하는 데에

서 그치는 것이 아니라 제작한 앱을 활용하여 모의수업을 계획·실행·평가하는 활동을 제안하였다. 이러한 제안들은 현장과의 연계성을 높일 수 있어 예비교사들이 제작한 교육자료의 효과성을 높이는 데에도 기여할 것으로 판단된다. 또한 TPACK의 세부 요소가 융합되어 TPACK 형성으로 전환되는 종합적 경험을 제공해야 한다는 점에서 의미가 있다(Janssen *et al.*, 2019; Tondeur *et al.*, 2012; Zhou *et al.*, 2016).

넷째, 교육대학 내 교육과정 내용의 수준과 연계를 고민할 필요가 있다. 연구 참여자들은 예비교사들이 블록 코딩 문해력을 갖출 필요가 있다고 생각하였고, 본 연구 사례에서 예비교사들은 컴퓨터교육과 수업을 통해 블록 코딩을 습득한 상태로 해당 강좌를 들었다. 그러나 이렇게 TK 기본 소양을 갖춘 상태로 과학교육 수업을 듣는 것이 교육과정 운영 차원에서 논의되거나 협력으로 일어난 일이 아니었다. 따라서 교과 교육에서 테크놀로지 활용 교육을 활성화하고, 예비교사들이 TPACK 향상을 위해서는 예비교사 양성 교육과정 내에서 강좌 순서를 배치하고 강좌 간 연계가 가능할 수 있도록 컴퓨터교육과 과학교육 교사교육자 간 협업이 필요하다.

다섯째, 테크놀로지를 과학교육과 연계하는 것에 대해 고민하는 교사교육자나 교육의 대상이 되는 예비교사의 의견을 조사하여 이를 본 연구 결과와 비교하는 과정을 통해 종합적으로 예비교사를 위한 TPACK 교육을 구성할 필요가 있다. 본 연구는 앱 제작 사례를 바탕으로 초등교사의 생각을 조사하였다. 본 연구가 초등교사의 시각을 확인하였으나 예비교사를 직접 교육하고 있는 교사교육자와 교육받는 예비교사의 의견은 포함되어 있지 않다. 초등교사들은 특히 초등교육 현장에서의 활용도나 현장적합성 등에 초점을 두어 의견을 개진하였다. 따라서 다양한 측면을 고려하여 예비교사를 위한 TPACK 교육을 구성하기 위해서도 교사교육자와 예비교사들의 의견을 포함하여 TPACK 교육의 내용과 방식을 수정해가는 추가 연구가 필요할 것이다.

최근 들어 예비교사의 TPACK 향상을 위해 프로그래밍 기반 TPACK 교육에 대한 연구도 보고되고 있다(최은선 등, 2017). 본 연구는 앱 인벤터를 활용한 프로그래밍 기반 TPACK 교육의 일환이라 할

수 있으며, 특히 접근성이 뛰어나며 많이 사용하는 앱을 활용하여 TPACK 향상 교육을 시도했다는 점에서 의의가 있다. 이 연구가 테크놀로지 활용 교수내용지식(TPACK)을 향상시키고자 노력하는 교사교육자들이 교육내용을 구성하는 데에 아이디어를 제공하고, 앱 제작 관련 연구뿐만 아니라 과학 교육에서 TPACK를 종합적으로 학습하고 배울 수 있는 소재 개발에 참고자료가 되기를 기대한다.

참고문헌

고호경, 남가영, 맹은경(2013). 교사의 반성적 수업 평가의 요소 및 수준에 관한 사례 연구. *교과교육학연구*, 17(3), 839-868.

교육부(2020a). 코로나 이후, 미래교육 전환을 위한 10대 정책과제. Retrieved January 20, 2021, from <https://if-blog.tistory.com/11190>

교육부(2020b). 과학, 수학, 정보, 융합교육 종합계획 ('20-'24). Retrieved January 20, 2021, from <https://blog.naver.com/moeblog/221979230254>

교육부(2020c). 학교 과학실, 지능정보기술 기반 탐구키움터로 변화 시동. Retrieved January 20, 2021, from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&lev=0&statusYN=W&s=moe&m=020402&opType=N&boardSeq=81177>

교육부(2021). '2022 개정 교육과정'총론 주요사항 발표. Retrieved November 24, 2021, from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&boardSeq=89671&lev=0>

김거현, 유인환(2017). 앱 인벤터 활용 SW 교육이 초등 학생의 컴퓨팅 사고력과 컴퓨터에 대한 태도에 미치는 영향. *정보교육학회논문지*, 21(4), 371-380.

김영민, 문지선, 박정숙, 임길선(2010). 과학교사양성 과정에 대한 심층면담을 통한 경력과학교사들과 초입과학교사들의 인식 비교. *한국과학교육학회지*, 30(8), 1002-1016.

김은수, 박준석(2012). 앱 저작도구를 이용한 교육용 앱 개발 연구. *디지털정책연구*, 10(5), 1-6.

나지연(2021). 스마트 테크놀로지 활용 과학 수업 계획 시 발생하는 초등 예비교사의 질문과 수업과정안 분석. *한국초등과학교육학회*, 40(2), 162-174.

나지연, 장병기(2016). 교육실습에 참여한 예비 초등교사들이 테크놀로지 활용 과학수업 실행에서 느끼는 어려움과 요구. *초등과학교육*, 35(1), 98-110.

서형석, 이용배(2017). 초등정보영재 대상의 앱 인벤터 프로그래밍 교육의 효과. *정보교육학회논문지*, 21(1), 13-22.

안상진, 이영준(2016). 예비교사의 프로그래밍 교수내용 지식 향상을 위한 프로그래밍 교육프로그램 설계. *컴퓨터교육학회논문지*, 19(2), 1-10.

유인환(2014). SW 교육을 위한 로봇과 앱 개발 도구 활용 프로그래밍 교육 방안. *정보교육학회논문지*, 18(4), 615-624.

윤성혜, 강우리(2018). 교사의 앱 개발 교육에 대한 관심도 분석: 관심중심수용모형(CBAM)을 중심으로. *정보교육학회논문지*, 22(5), 509-517.

윤성혜, 강우리, 이명우 (2017). 고등학생 대상 저작도구 활용 앱 개발 교육의 정인지적·인지적 효과 분석. *정보교육학회논문지*, 21(4), 415-424.

이근호, 이광우, 박지만, 박민정(2013). 핵심역량 중심의 교육과정 재구조화 방안 연구. *한국교육과정평가원 연구보고 CRC 2013-17*.

임병노, 임정훈, 성은모(2013). 스마트 교육 핵심 속성 및 스마트 교육 콘텐츠 유형 탐색. *교육공학연구*, 29(3), 459-489.

정수정, 임걸, 고유정, 심현애, 김경연(2010). 스마트폰의 교육용 어플리케이션 동향분석 및 발전방향 연구. *디지털콘텐츠학회 논문지*, 11(2), 203-216.

최경식, 백성혜(2020). TPACK 발달 단계를 고려한 수업이 예비 교사의 자기효능감 및 발달 수준에 미치는 효과. *학습자중심교과교육학회*, 20(22), 1371-1391.

최은선, 이영준, 백성혜(2017). 프로그래밍 기반 수업이 과학교사의 TPACK에 대한 인식에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 37(4), 693-703.

AI4K12 (2022). The Artificial Intelligence (AI) for K-12 initiative. Retrieved October 5, 2022, from <https://ai4k12.org/>

Alessi, S. & Trollip, S. (1985). *Computer-based instruction*. Englewood Cliffs.

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154-168.

Baran, E., & Uygun, E. (2016). Putting technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) in action: An integrated TPACK-design-learning (DBL) approach. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(2), 47-63.

Buckenmeyer, J. A. (2010). Beyond computers in the classroom: Factors related to technology adoption to enhance teaching and learning. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, 3(4), 27-36.

Calik, M., Ozsevgec, T., Ebenezer, J., Artun, H., & Kucuk, Z. (2014). Effects of 'environmental chemistry'

- elective course via technology-embedded scientific inquiry model on some variables. *Journal of Science Education and Technology*, 23(3), 412-430.
- Canbazoglu Bilici, S., Guzey, S. S., & Yamak, H. (2016). Assessing pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) through observations and lesson plans. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 237-251.
- Future Ready School (2021). Future ready schools' frameworks. Retrieved March 10, 2021, from <https://futureready.org/ourwork/future-ready-frameworks/>
- Gardner, H., & Davis, K. (2014). *The AppGeneration: How Today's Youth Navigate Identity, Intimacy, and Imagination in a Digital World.* (S. Lee, Trans.). Seoul: Wiseberry. (Original work published 2013).
- Grover, S., & Pea, R. (2013, March). Using a discourse-intensive pedagogy and android's app inventor for introducing computational concepts to middle school students. Paper presented at the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, 723-728.
- Harris, J., Grandgenett, N., & Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2010(1), 3833-3840.
- Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015). A case study of a TPACK-based approach to teacher professional development: Teaching science with blogs. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 15(2), 161-200.
- Janssen, N., Knoef, M., & Lazonder, A. W. (2019). Technological and pedagogical support for pre-service teachers' lesson planning. *Technology, Pedagogy and Education*, 28(1), 115-128.
- Jen, T. H., Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Chen, K. M. (2016). Science teachers' TPACK-Practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *Computers & Education*, 95, 45-62.
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269.
- Khalid, A., Dukmak, S. J., & Dweikat, F. F. I. (2017). Pre-service teachers' perception of their educational preparation. *International Journal for Research in Education*, 41(1), 273-303.
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2008). Introducing TPACK. In *AACTE committee on innovation and technology* (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3-29). NY: Routledge.
- Koh, J. H. L. (2013). A rubric for assessing teachers' lesson activities with respect to TPACK for meaningful learning with ICT. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(6), 887-900.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. *Teachers College Record*, 108, 1017-1054.
- Moore, M. G., & Kearsley, G. (1996). *Distance education: A System view.* Boston: Wadsworth Publishing Company.
- Nadeem, M., Rana, M. S., Lone, A. H., Maqbool, S., Naz, K., & Ali, A. (2011). Teacher's competencies and factors affecting the performance of female teachers in Bahawalpur (Southern Punjab) Pakistan. *International Journal of Business and Social Science*, 2(19), 217-222.
- Nieveen, N., & Folmer, E. (2010). Formative Evaluation in Educational Design Research. In T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 152-169). Enschede, The Netherlands: SLO - Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Nuangchalem, P., & Prachagool, V. (2010). Influences of teacher preparation program on preservice science teachers' beliefs. *International Education Studies*, 3(1), 87-91.
- OECD (2018), *Preparing our Youth for an Inclusive and Sustainable World: The OECD PISA global competence framework*, <https://www.oecd.org/education/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>.
- Owston, R. (2007). Contextual factors that sustain innovative pedagogical practice using technology: An international study. *Journal of Educational Change*, 8, 61-77.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Hewbury Park, CA: SAGE Publications.
- Prince, K., Saveri, A., & Swanson, J. (2015). *Exploring the Future Education Workforce: New Roles for an Expanding Learning Ecosystem.* KnowledgeWorks. Retrieved October 5, 2022, from <https://knowledgeworks.org/resources/future-education-workforce-roles-ecosystem/>
- Roblyer, M. D. (2003). *Integrating educational technology into teaching.* Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge

- (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior*, 115, 106586.
- Shim, J. P., Dekleva, S., Guo, C., & Mittleman, D. (2011). Twitter, Google, iPhone/iPad, and Facebook (TGIF) and smart technology environments: How well do educators communicate with students via TGIF? *Communications of the Association for Information Systems*, 29(35), 657-672.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Stanford University (2016). Artificial intelligence and life in 2030: One hundred year study on artificial intelligence. Retrieved January 10, 2017, from <https://ai100.stanford.edu/about>
- Statista (2022). Mobile app downloads worldwide from 2021 to 2026, by store(in billions). Retrieved September 30, 2022, from <https://www.statista.com/statistics/1010716/apple-app-store-google-play-app-downloads-forecast/>
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research*. CA: Sage.
- Tavares, R., Marques Vieira, R., & Pedro, L. (2021). Mobile app for science education: Designing the learning approach. *Education Sciences*, 11(2), 79; <https://doi.org/10.3390/educsci11020079>.
- Teri, S., Acai, A., Griffith, D., Mahmoud, Q., Ma, D. W., & Newton, G. (2014). Student use and pedagogical impact of a mobile learning application. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 42(2), 121-135.
- Tondeur, J., Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, F., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134-144.
- Volman, M. (2005). A variety of roles for a new type of teacher: Educational technology and the teaching profession. *Teaching and Teacher Education*, 21, 15-31.
- Zhou, G., Xu, J., & Martinovic, D. (2016). Developing pre-service teachers' capacity in teaching science with technology through microteaching lesson study approach. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(1), 85-103.

† 나지연, 춘천교육대학교 교수(Jiyeon Na; Professor, Chuncheon National University of Education).